

TECHNIKA JĄDROWA	NORMA BRANŻOWA	BN-79
	Urządzenia elektroniczne dla techniki jądrowej Ogólne zasady oprzyrządowania reaktorów wysokotemperaturowych, chłodzonych gazem w cyklu niebezpośrednim	3412-02.03
		Grupa katalogowa XVIII 60

PRZEDMOWA

Arkusze 03 jest tłumaczeniem Publikacji IEC 231E (1977), z wyjątkiem punktów oznaczonych w niej gwiazdką: 2.4.1.1, 2.4.5, 2.4.6, 2.7, 3.3, 4.5.1, 5.1.2.1 oraz 9.4, które jako wspólne dla reaktorów wszystkich typów przeniesiono do arkusza 01.

W arkuszu 03 numeracja rozdziałów i punktów, układ, zasady redakcyjne i sposób formułowania postanowień są zgodne z oryginałem dokumentu IEC.

Tylko w niezbędnych przypadkach dokonano drobnych adaptacji do warunków polskich nie naruszając zasady całkowitej zgodności między tekstami obu dokumentów.

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot arkusza normy. Przedmiotem arkusza 03 są ogólne zasady oprzyrządowania reaktorów jądrowych wysokotemperaturowych, chłodzonych gazem w cyklu niebezpośrednim — tzw. reaktorów HTGR¹⁾.

Zasady te są specjalistycznym rozwinięciem postanowień arkusza 01, z zachowaniem równoległej numeracji odpowiadających sobie merytorycznie rozdziałów i punktów w obu arkuszach.

Numeracja w arkuszu 03 jest przy tym *wyrywkowa*, gdyż tylko niektóre postanowienia arkusza 01 wymagały odmiennego ujęcia, uzupełnienia lub ich zastąpienia (relację między równoległymi punktami obu arkuszy należy każdorazowo skonfrontować).

Wszystkie pozostałe postanowienia arkusza 01 należy stosować dla reaktorów HTGR bezpośrednio jako wspólne dla reaktorów wszystkich typów.

1.2. Zakres stosowania arkusza normy. Arkusz 03 dotyczy oprzyrządowania tych reaktorów HTGR, w których chłodziwem w obiegu pierwotnym jest gazowy hel pod wysokim ciśnieniem cyrkulujący przez rdzeń reaktora z grafitowym moderatorem i przez parogenerator. Para z tego parogeneratora napędza główny/e turbogenerator/y lub inne dodatkowe urządzenia. Paliwo wzbogacone jest niemetaliczne i może być pokryte (koszulowane) grafitem, ceramiką lub innym wysokotemperaturowym niemetalicznym materiałem.

¹⁾ HTGR — High Temperature Gas-cooled Reactors.

3. POMIARY TEMPERATUR

3.5. Pomiar temperatury chłodziwa. Może wystąpić konieczność pomiarów temperatur chłodziwa wychodzącego z poszczególnych rejonów rdzenia paliwowego w celu umożliwienia korekt zwęzek (dławnic) rdzeniowych, jeżeli są stosowane do sterowania chłodzeniem w kanałach.

Wylotowa temperatura chłodziwa z reaktora (mierzona na wejściu parogeneratora) jest także na ogół używana do celów zabezpieczeń reaktora oraz do regulacji reaktora.

Jeżeli pomiar temperatury wylotowej chłodziwa ma być używany do zabezpieczeń, należy zadbać, aby wydatek chłodziwa był w czasie pomiaru wystarczający dla reprezentatywnego pomiaru temperatury.

3.5.4. Temperatura zbiornika ze wstępnie sprężonego betonu. Zwykle reaktory gazowe wysokotemperaturowe są instalowane wewnątrz zbiornika z betonu wstępnie sprężonego z cienką uszczelniającą wykładziną stalową; obie warstwy muszą mieć utrzymywane dopuszczalne temperatury; mogą one być chłodzone bezpośrednio lub pośrednio i mogą być zastosowane redundancyjne systemy. Powinny być przewidziane środki do wykrywania nienormalnych sytuacji, które mogłyby doprowadzić do powstania niedopuszczalnych temperatur zarówno wykładziny, jak i betonu.

Zgłoszona przez Instytut Badań Jądrowych
Ustanowiona przez Ministra Energetyki i Energii Atomowej dnia 22 czerwca 1979 r.
jako norma obowiązująca od dnia 1 stycznia 1980 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 16/1979 poz. 83)

4. POMIARY CHŁODZIWA

4.2. Wydatek chłodziwa. Zarówno do zabezpieczeń, jak do regulacji i sterowania może być wykorzystywany pomiar spadku ciśnienia na rdzeniu reaktora, jak również indywidualne pomiary wydatku chłodziwa w pętlach cyrkulacyjnych.

Alternatywną metodą mogą być pomiary pośrednie np. pozycje zasuw (zaworów) na rurociągach chłodziwa, ciśnienie chłodziwa i liczba oraz prędkości pracujących dmuchaw.

W kanałowych typach gazowych wysokotemperaturowych reaktorów indywidualne pomiary wydatków w kanałach w granicach całego rdzenia mogą być bardzo trudne. Dla zapewnienia, że temperatura otoczki (otuliny) paliwa jest utrzymywana w odpowiednich granicach, mogą być niezbędne odpowiednie kombinacje pomiarów innych wielkości (np. rozkład strumienia neutronów, temperatura wylotowa itd.).

4.3. Ciśnienie chłodziwa. Pomiar ciśnienia helu niezbędny jest tak dla zapewnienia koniecznego wydatku masowego chłodziwa jak i ochrony przed nadciśnieniem. Chłodziwem reaktora jest na ogół stała masa zgromadzonego w obiegach helu. Stąd ze zmianą średniej temperatury chłodziwa zmienia się jego ciśnienie. Normalnie używa się dla zabezpieczeń sygnału wyzwania zależnego od wysokiego i niskiego ciśnienia. Nadciśnienie może powstać w wyniku powstania w parogeneratorze przecieku pary pod wysokim ciśnieniem. Do detekcji takich awarii używa się wykrywaczy wilgoci.

4.5.2. Przecieki chłodziwa do obiegu parowego. W tych częściach parogeneratorów, w których normalny zakres roboczy ciśnień pary może być niższy niż ciśnienie chłodziwa jak to jest np. w części przegrzewającej parogeneraora, o defektach rurek mogą świadczyć wysokie poziomy promieniowania na wylotowych rurach parogeneraora lub inne odpowiednie pomiary.

Po wykryciu przecieku może być niezbędne albo wyłączenie awaryjne albo odcięcie parogeneraora, aby ograniczyć możliwość uwolnienia produktów radioaktywnych do obiegu parowego.

4.8. Przeciek pary pod wysokim ciśnieniem do chłodziwa

4.8.1. Ponieważ ciśnienie pary głównej sekcji parogeneraora jest normalnie wyższe od ciśnienia chłodziwa, o defekcie rurki tej sekcji parogeneraora może sygnalizować wzrost ciśnienia lub wzrost wilgotności chłodziwa obiegu pierwotnego. Jest wtedy niezbędne odcięcie parogeneraora zarówno od pierwotnej, jak i od wtórnej strony, aby ograniczyć wzrost ciśnienia w obiegu pierwotnym.

4.8.2. Wykrywanie wilgotności chłodziwa. W wysokotemperaturowych gazowych reaktorach moderator grafitowy pracuje w bardzo wysokich temperaturach, rzędu 1000°C i więcej. Para przedostająca się do pierwotnego chłodziwa z uszkodzonego parogeneraora będzie reagowała z grafitem przy tych jego temperaturach, produkując CO i H (tlenek węgla i wodór) i powodując ubytki grafitu. Ubytek grafitu w czasie, nawet dla małych przecieków, uważa się za bardzo niepożądany i dla

tego należy instalować czułe, niezawodne systemy wykrywania wilgotności do wykrywania przecieków w każdym parogeneratorze lub w wysokociśnieniowym wodnym wymienniku ciepła. Taki system wykrywania powinien być zdolny do wykrywania bardzo małych wartości wilgoci, np. 10⁻⁶% objętościowo.

Powyższy system lub dodatkowy system powinien powodować zadziałanie sygnalizacji przy nieco wyższych stężeniach wilgoci, np. 10⁻³% objętościowo. To zadziałanie można wykorzystać do odcięcia pętli, odcięcia parogeneraora lub uruchomienia systemu zabezpieczeń. W ostatnim przypadku system taki musi być opracowany zgodnie z wymaganiami dotyczącymi systemów zabezpieczeń, które podano w arkuszu 01 rozdział 5.

5. SYSTEM ZABEZPIECZEŃ

5.4. Funkcje systemu zabezpieczeń

5.4.2. System wyłączania awaryjnego. Niektóre wielkości powinny być kontrolowane w celu zainicjowania wyłączenia awaryjnego, jeżeli nastawione granice zostaną przekroczone. Mogą być także kontrolowane niektóre parametry wyprzedzające takie sytuacje i mogą one także inicjować wyłączenie awaryjne.

Poniżej podano warunki wymagające wyłączeń awaryjnych, jakie zastosowano w kilku reaktorach HTGR (zbudowanych i zaprojektowanych):

- duża średnia wartość gęstości strumienia neutronów i/lub jej duży stosunek do wydatku chłodziwa przez rdzeń,
- wysokie ciśnienie chłodziwa reaktora,
- niskie ciśnienie chłodziwa reaktora,
- wysokie ciśnienie atmosfery obudowy bezpieczeństwa (gdy stosowana jest obudowa o niskich poziomach przecieków),
- duża wilgotność chłodziwa pierwotnego w pętli,
- wysoka temperatura pierwotnego chłodziwa,
- nieodpowiedni wydatek chłodziwa,
- ręczne wyłączenie reaktora,
- utrata podstawowego zasilania elektrycznego,
- utrata zasilania wodnego.

Warunki te powinno się rozważyć przy projektowaniu. Zależnie od rozwiązania projektowego obiektu i inne parametry mogą wymagać kontrolowania.

5.4.7. Techniczne środki bezpieczeństwa — wg arkusza 01 p. 5.4.7. W projektach kilku reaktorów HTGR stosowane były techniczne środki i zasady bezpieczeństwa jak w 5.4.7.1 i 5.4.7.2, które należy rozważać przy projektowaniu.

5.4.7.1. Inicjowanie uszczelniania (odcinania) obudowy bezpieczeństwa. Odcięcie (uszczelnianie) obudowy bezpieczeństwa winno być zainicjowane przez ciśnienie lub radioaktywność atmosfery w obudowie, przekraczającą ustalone granice.

5.4.7.2. Inicjowanie systemu awaryjnego schładzania rdzenia. System awaryjnego schładzania rdzenia normalnie zawiera niezależną/e pętlę/e obejmującą dmuchawę i wymiennik ciepła o pojemności wystarczającej do odprowadzania resztkowego ciepła reaktora.

Duża pojemność cieplna rdzenia z grafitowym moderatorem stwarza magazyn ciepła, który wraz z jednofazowym chłodziwem może wyeliminować niezbędną inicjowanie przez system zabezpieczeń zapasowego schładzania rdzenia w obiektach reaktorów HTGR.

Dopuszcza się ręczne inicjowanie zapasowego schładzania rdzenia, gdy główne pętle cyrkulacyjne są niedostępne dla bezpiecznego powyłączeniowego chłodzenia.

9. REGULACJA I STEROWANIE REAKTORA

W reaktorach HTGR powinno się regulować moc cieplną dla wytworzenia żądanej temperatury przegrzanej pary.

9.2. Ruchy elementów regulacyjnych. W reaktorach wysokotemperaturowych chłodzonych gazem, przy dużych gęstościach mocy może być pożądana ochrona przed lokalnym wzrostem poziomu strumienia neutronów. W takich przypadkach stosuje się na ogół sygnalizację i/lub blokady umożliwiające przesuwanie elementów regulacyjnych rdzenia niezgodnych z ustaloną

sekwencją. Przy ustalaniu sygnalizacji lub blokad sekwencji przesuwania należy brać pod uwagę warunki stwarzane przez stosunek mocy rdzenia do wydatku chłodziwa.

W reaktorach energetycznych, w których pożądanym jest przestrzeganie określonej sekwencji uruchamiania elementów regulacyjnych rdzenia dla uniknięcia nienormalnych zmian reaktywności lub rozkładu mocy, poprawne sekwencje ruchu elementów regulacyjnych mogą być kontrolowane aż do osiągnięcia zakresu mocy, powyżej którego możliwy powolny wzrost efektywności tych elementów przy uwzględnieniu szybkości może spowodować zbędność tej kontroli.

9.3. Wskazanie położenia i ruchu elementów regulacyjnych — wg arkusza 01 p. 9.3, z tym że dodaje się poz. g) o treści:

g) naprężona linka (jeżeli pręt regulacyjny podwieszony jest na linie).

10. Pozostałe postanowienia — wg arkusza 01.

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Instytut Badań Jądrowych — Branżowy Ośrodek Normalizacyjny Aparatury Jądrowej.

2. Zalecenia międzynarodowe
IEC Publikacja 231E(1977) Fifth supplement to Publication 231 (1967) General principles of nuclear reactor instrumentation/Prin-

ciples of instrumentation of high temperature indirect cycle gas-cooled power reactors (HTGR).

3. Autor projektu normy — Doc. inż. Przemysław Szulc — Zd XII IBJ.

4. Wyjaśnienia dodatkowe. Wykaz arkuszy objętych BN-79/3412-02 podano w arkuszu 01.